

La biomasse solide



1. Les objectifs et état des lieux de la filière

Qu'entend-t-on par biomasse solide ?

La production d'énergie par la biomasse solide consiste en la production de chaleur ou de cogénération chaleur / électricité à partir de bois (bois-énergie), de déchets et de produits agricoles.

	Horizon	Objectifs européens	Objectifs français
Paquet énergie climat	2020	Porter la part des énergies renouvelables à 20 % de la consommation finale d'énergie de l'UE Réduire de 20 % la consommation d'énergie par rapport à 2005	Porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale d'énergie et à 27 % de la consommation finale brute d'électricité Porter la part des énergies renouvelables à 33 % de la consommation finale de chaleur et de froid Produire 17,1 Mtep d'énergie à partir de biomasse solide, dont 1,16 ktep pour la production d'électricité et 15,9 ktep pour la production de chaleur
	2030	Porter la part des énergies renouvelables à 27 % de la consommation finale d'énergie de l'UE Réduire de 27 % la consommation d'énergie par rapport à 2012	Porter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation finale d'énergie et à 40 % de la consommation d'électricité Porter la part des énergies renouvelables à 38 % de la consommation finale de chaleur Réduire la consommation énergétique primaire d'énergies fossiles de 30 % par rapport à 2012 Réduire la consommation finale d'énergie de 20 % par rapport à 2012
	2050		Réduire la consommation énergétique finale de 50 % par rapport à 2012
PPE	2018 (31 décembre)		Production d'énergie de chaleur et de froid renouvelables et de récupération à partir de biomasse : 12 000 ktep Puissance totale installée pour le bois-énergie : 540 MW
	2023 (31 décembre)		Production d'énergie de chaleur et de froid renouvelables et de récupération à partir de biomasse : • Option basse : 13 000 ktep • Option haute : 14 000 ktep Puissance totale installée pour le bois-énergie : • Option basse : 790 MW • Option haute : 1040 MW

Focus sur le bois énergie

1^{ère} source de production d'énergie renouvelable en France.

97 % de la production totale d'énergie à partir de biomasse solide et 72 % à partir de biomasse.

80 % de la production de chaleur renouvelable.

40 % de la totalité de la production d'énergie renouvelable.

En 2014, la production d'énergie primaire (chaleur et électricité) à partir de biomasse solide dans l'Union européenne était estimée à 89,5 Mtep, en hausse de 6,7 % par rapport à 2013.

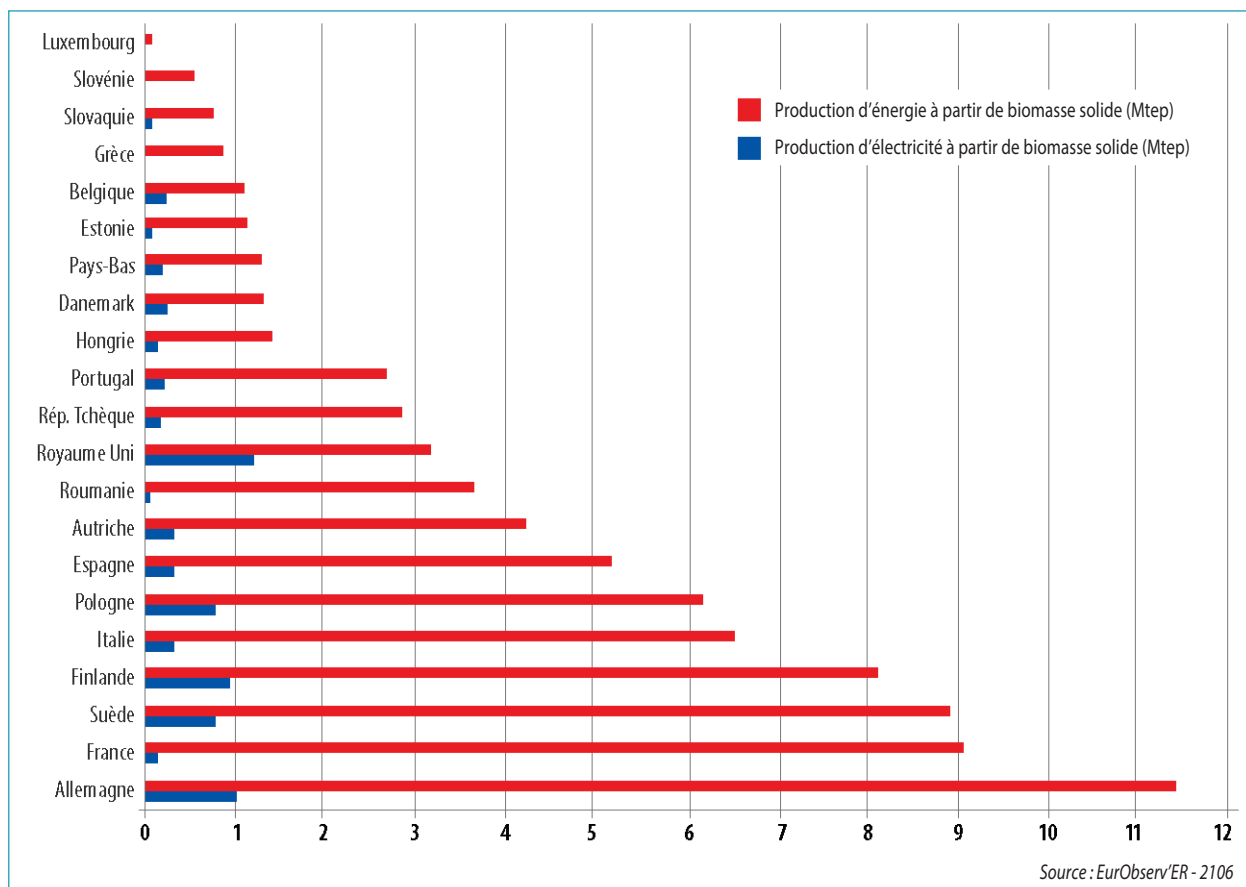
La France, avec une production d'énergie de 9,1 Mtep en 2014 à partir de biomasse solide (soit une diminution de 12,3 % par rapport à 2013) était le deuxième pays producteur derrière l'Allemagne et devant la Suède.

En 2014, la production d'électricité à partir de biomasse solide dans l'Union européenne a augmenté de 3,8 % par rapport à 2013 et a atteint 7,28 Mtep (soit 84,7 TWh).

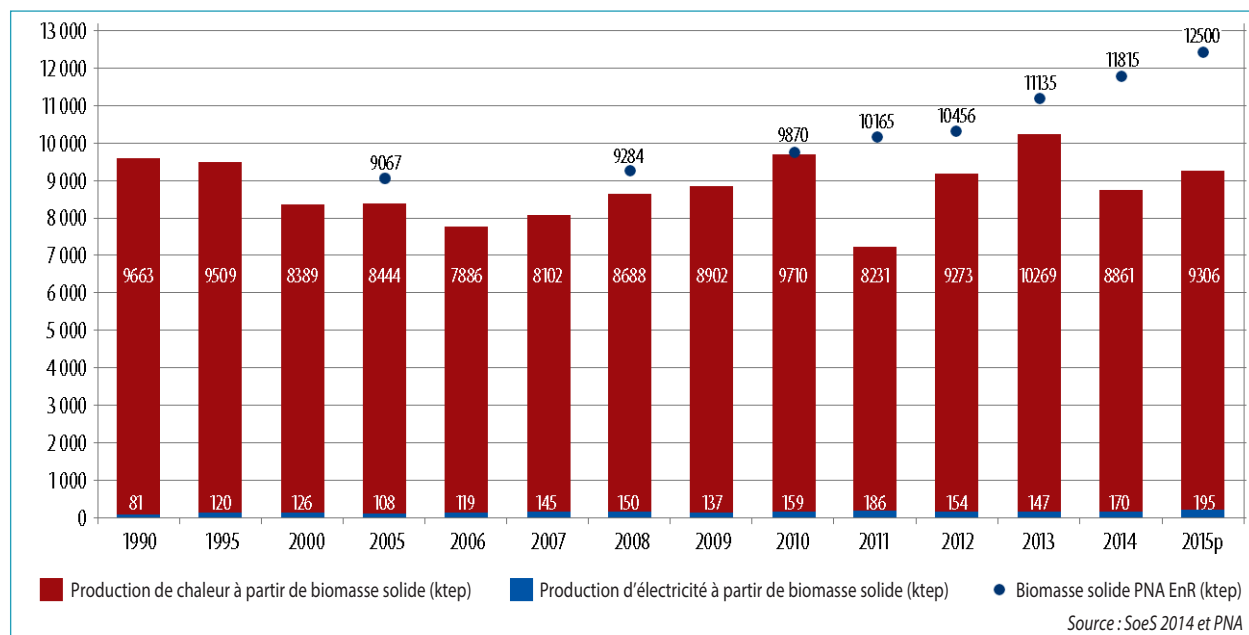
En 2014, la France, avec une production d'électricité de 0,14 Mtep à partir de biomasse solide (soit 1,6 TWh), était le quatorzième pays producteur d'électricité dans l'Union européenne. Cette production équivalait à une diminution de 14,5 % par rapport à 2013.

La part de l'électricité dans la production énergétique de l'Union européenne à partir de biomasse solide s'élève à seulement 7,7 %, le reste étant produit sous forme de chaleur.

Enfin, la production de chaleur atteignait en France en 2014 près de 95 % de l'énergie produite par la filière biomasse solide, les 5 % restants étant attribués à l'électricité.



L'objectif français fixé à l'horizon 2020 en matière de production d'énergie à partir de biomasse solide est de 17,1 Mtep. En 2014, cette production affichait un retard significatif par rapport à l'objectif prévu pour cette même année (9,1 Mtep réalisés contre 12,5 Mtep prévus dans la trajectoire).



Installations de production électrique Installations de cogénération

En 2014, la filière biomasse solide était la 4^{ème} filière contributrice à l'objectif 2020 en terme de production d'électricité renouvelable, derrière les filières hydraulique, éolienne et photovoltaïque (301 ktep).

Il n'existe à ce jour aucune centrale biomasse en fonctionnement lauréates des appels d'offres CRE et ne produisant que de l'électricité. La centrale Uniper de Gardanne, dont la mise en service est prévue prochainement, est l'unique centrale biomasse électrique. En revanche, les appels d'offres CRE 1, 2, 3 et 4 ont permis la mise en service de 30 centrales de cogénération entre 2004 et 2015, pour une puissance totale installée de 360,4 MW.

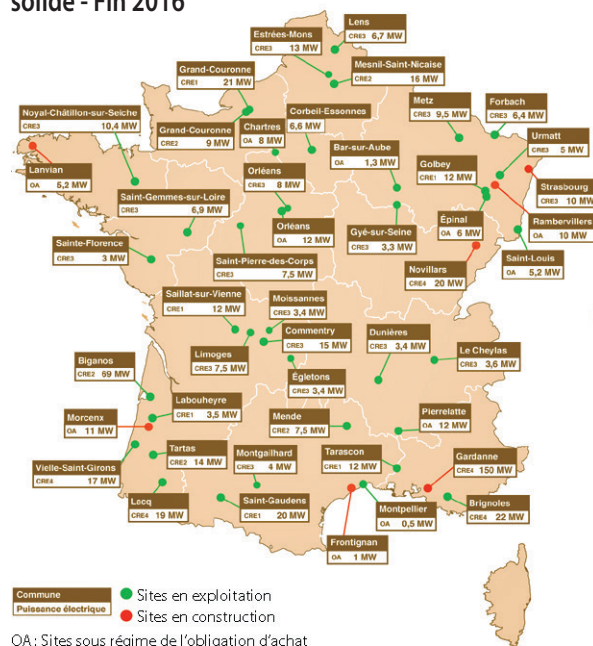
7 centrales de cogénération biomasse, d'une puissance totale de 54,6 MW, sont actuellement soumises au régime de l'obligation d'achat. La production prévisionnelle brute d'électricité des centrales de cogénération à partir de biomasse solide en 2014 était de 2 270 GWh, dont 1 922 GWh issue de bois-énergie.

Installations de production de chaleur

La filière biomasse solide est la 1^{ère} filière contributrice à l'objectif 2020 en terme de production de chaleur (80 % environ), avec une production de 8 846 ktep.

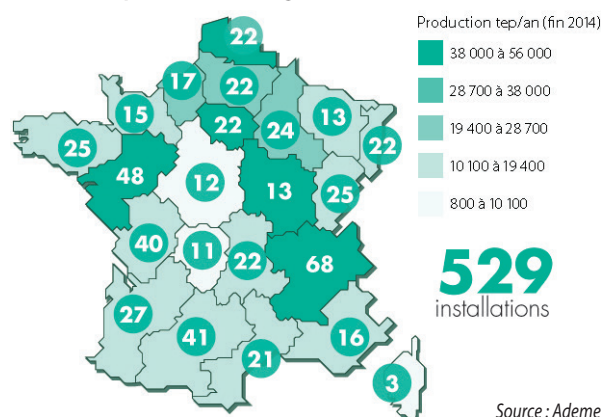
Fin 2014, le nombre de chaufferies biomasse financées par les aides régionales du Fonds Chaleur s'élevait à 529. En tenant compte des chaufferies financées par les appels à projet Biomasse chaleur industrie agriculture tertiaire (BCIAT), ce nombre atteignait 640.

Sites de production d'électricité à partir de biomasse solide - Fin 2016



Source : EurObserv'ER - 2106

Répartition des installations biomasse - Fin 2014 Financées par les aides régionales



Source : Ademe



Centrale biomasse à Cergy-Pontoise (Val d'Oise)



Fosse de stockage - Orléans-Sud (Loiret)



Centrale biomasse à Vieille-Saint-Giron (Landes)



Parc de stockage - Velaine en Haye (Meurthe-et-Moselle)

2. Les mécanismes de soutien financier

Secteur de la chaleur

Dispositif de soutien pour les industriels : le Fonds Chaleur

- Principal outil de soutien aux énergies renouvelables thermiques, lancé en 2009.
- Gestion déléguée à l'Ademe.
- Financement de projets dans les secteurs de l'habitat collectif, du tertiaire, de l'agriculture et de l'industrie.
- Garantie que le prix de la chaleur produite est inférieur d'environ 5 % à celui obtenu avec des énergies conventionnelles.
- Doté de 1120 M€ sur la période 2009-2013.
- Sur la période 2009-2015, le Fonds Chaleur a permis de financer plus de 3 400 installations, pour une production totale de 1,2 Mtep/an (biomasse solide et biogaz).
- Annonce en 2015 du doublement progressif du fonds chaleur d'ici 2017 pour atteindre 420 M€.
- Deux déclinaisons de ce dispositif.



Appels à projet Biomasse chaleur industrie agriculture tertiaire (BCIAT)

Lancement du premier appel à projets en 2009.

Appel à projets annuel s'adressant aux entreprises des secteurs primaire, secondaire et tertiaire souhaitant s'équiper d'installations assurant une production de chaleur à partir de biomasse supérieure à 1000 tep/an.

Bilan du BCIAT 2009-2016 : 120 projets engagés ou en cours pour une production thermique annuelle supérieure à 330 ktep. Elle devrait atteindre 500 ktep en 2018 avec la réalisation des projets en cours.

66 installations en fonctionnement pour un investissement de 345 M€.

Installations de cogénération biomasse et renouvellement simple des équipements EnR et des réseaux de chaleur non éligibles.



Soutien aux projets régionaux

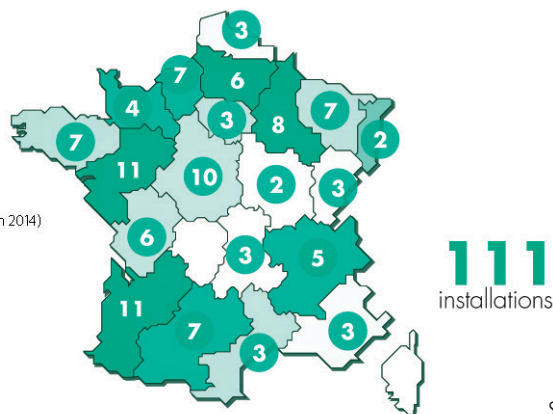
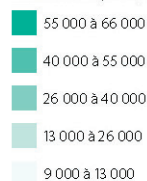
Système d'aide régional s'adressant aux collectivités et entreprises des secteurs primaire, secondaire et tertiaire souhaitant développer un système de production de chaleur.

Possibilité de sommer l'aide à l'installation de production et celle attribuée au réseau de chaleur dans le cas d'une réalisation couplant une installation de production (chaufferie biomasse) avec un réseau de chaleur.

BCIAT 2009	BCIAT 2010	BCIAT 2011	BCIAT 2012	BCIAT 2013	BCIAT 2014	BCIAT 2015
Nombre de projets déposés : 37	61	33	24	24	18	17
Objectif production : 100 000 tep/an	175 000 tep/an	125 000 tep/an	125 000 tep/an	125 000 tep/an	125 000 tep/an	125 000 tep/an
Production : 117 353 tep/an	191 270 tep/an	90 106 tep/an	90 106 tep/an	73 218 tep/an	73 218 tep/an	99 293 tep/an
Budget aide : 48,2 M€	76,5 M€	34 M€	34 M€	27,1 M€	27,1 M€	62,4 M€

111 chaufferies biomasse
Fonds Chaleur Biomasse
BCIAT - Fin 2014

Production tep/an (fin 2014)



Source : Ademe

Secteur de la chaleur

Dispositifs de soutien pour les particuliers

- Crédit d'impôt transition énergétique (CITE).
- Eco prêt à taux zéro.
- Certificats d'économie d'énergie (CEE).
- TVA à taux réduit.
- Aides de l'Agence nationale de l'habitat (Anah) - Programme « Habiter Mieux ».
- Aides financières locales.
- Afin de pouvoir bénéficier de ces aides financières, les travaux de rénovation énergétiques réalisés doivent respecter des caractéristiques techniques et des critères de performances minimales.

Focus sur le label « Flamme verte »

Créé en 2000 par l'Ademe et les fabricants d'appareils domestiques, « Flamme verte » labellise les appareils indépendants de chauffage au bois. Depuis 2004, il est géré par le Syndicat des énergies renouvelables (SER) et fait l'objet d'amélioration continue.

Il a pour vocation de promouvoir l'utilisation du bois par des appareils de chauffage performants dont la conception répond à une charte de qualité exigeante en termes de rendement énergétique et d'émissions polluantes, sur laquelle s'engagent les fabricants, signataires de la charte « Flamme Verte ».

Le choix d'un appareil indépendant ou d'une chaudière labellisé « Flamme verte » assure une éligibilité aux aides financières (crédit d'impôt, éco prêt à taux zéro) si l'installation est réalisée par un professionnel RGE.

Secteur de l'électricité

Mode d'attribution : Appels d'offre et guichet ouvert

Appels d'offre

L'instruction des appels d'offres biomasse est réalisée par la Commission de régulation de l'énergie (CRE). Le ministre en charge de l'énergie désigne les lauréats après avis de la CRE. Quatre appels d'offres biomasse instruits par la CRE ont, jusqu'à présent, été lancés et permis la mise en service de 25 installations à base de biomasse.

CRE 1 (2004)	CRE 2 (2007)	CRE 3 (2009)	CRE 4 (2010)	CRE 5 (2016)
Nombre de projets retenus : 15	22	32	15 (2 élec. et 13 cogé)	Appel d'offres triennal commun aux filières bois-énergie (50 MW/an) et méthanisation (10 MW/an)
P _{initiale} : 200 MW	300 MW	250 MW	200 MW	
P _{retenue} : 232 MW	316 MW	266 MW	420 MW	
Prix de vente électricité :	128 €/MWh	145 €/MWh		

Guichet ouvert

La loi du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité prévoyait que les installations de production d'énergie renouvelable de puissance inférieure à 12 MW bénéficient de l'obligation d'achat par EDF ou les distributeurs non nationalisés, de l'électricité produite. Ils étaient donc tenus de conclure avec les porteurs de projets un contrat d'obligation d'achat de l'électricité via la procédure du « guichet ouvert ».

Suite à l'adoption de la Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte en août 2015, ce mode d'attribution a été supprimé pour les nouvelles installations de cogénération biomasse, quelle que soit leur puissance électrique.

Focus sur l'AO biomasse - Février 2016

1^{er} AO triennal commun aux filières méthanisation et bois-énergie.

Ouvert aux installations bois-énergie de 0,3 < P_{élec} < 25 MWe et aux méthaniseurs de 0,5 < P_{élec} < 5 MWe.

Porte sur un volume de 10 MWe/an pour la méthanisation et 50 MWe/an pour le bois-énergie, dont 10 MWe réservés à des projets de moins de 3 MWe.

Concerne des projets de cogénération avec un niveau minimal d'efficacité énergétique de 75 % et l'utilisation de bois issus de forêts gérées durablement.

Soutien financier apporté sous la forme d'un complément de rémunération.

Dispositifs de soutien : Tarif d'achat et complément de rémunération

Tarif d'achat

Pour les installations de cogénération utilisant du bois énergie, l'arrêté du 27 janvier 2011 fixait les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal l'énergie dégagée par la combustion de matières non fossiles d'origine végétale ou animale. Il s'agissait d'un tarif d'achat garanti pendant une durée de 20 ans, fixé à 4,34 c€/kWh auquel pouvait s'ajouter une prime variant de 7,71 à 12,53 c€/kWh pour les installations les plus efficaces respectant une puissance électrique minimale.

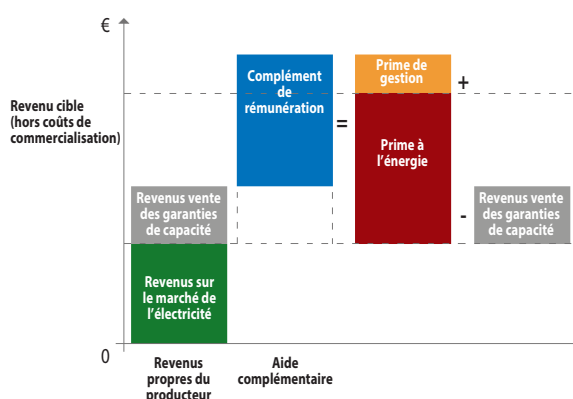
Suite à l'adoption de la loi relative à la Transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), il a été supprimé pour les nouvelles installations de cogénération biomasse, quelle que soit leur puissance électrique.

Complément de rémunération

Le complément de rémunération, introduit par la LTECV et précisé par le décret 2016-682 du 27 mai 2016, consiste en une prime versée mensuellement au producteur d'électricité titulaire d'un contrat de complément de rémunération avec EDF, les ELD ou des organismes agréés. Cette prime est proportionnelle à l'énergie produite et égale à la différence entre un tarif de référence et un prix de marché de référence. En venant ainsi compléter le revenu de la vente directe d'électricité produite sur le marché, ce mécanisme vise à terme à abandonner les tarifs d'achat.

Les nouvelles installations de cogénération biomasse de puissance comprise entre 300 kWe et 25 MWe et lauréates des appels d'offres bénéficieront de cette prime. Une majoration de cette prime pourra être opérée si le candidat satisfait à certains critères définis dans le cahier des charges des appels d'offre (investissement participatif, etc.).

Les nouvelles installations de cogénération biomasse de puissance inférieure à 300 kWe n'en bénéficieront pas.



$$CR = \sum_{i=1}^{12} E_i \cdot (T_e - M_{0i} + P_{gestion}) - (Nb_{capa} \cdot p_{ref\ capa})$$

E_i : Production de l'installation sur la période i (MWh)

T_e : Tarif de référence (€/MWh)

M_{0i} : Prix de marché de référence sur la période i (€/MWh)

Nb_{capa} : Nombre normatif de garanties de capacités (MW)

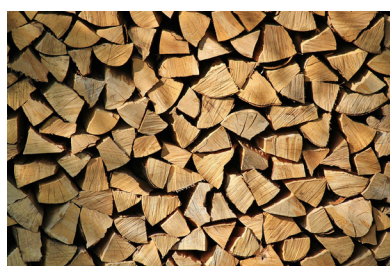
$P_{ref\ capa}$: Prix de référence de la capacité (€/MW)

$P_{gestion}$: Prime de gestion couvrant les frais d'accès aux marchés

Types de combustibles issus du bois

Type	Fabrication	Pouvoir calorifique (PCI)	Rendement	Commentaires
Bois bûche	Issus de boisements forestiers ou agricoles	3,36 kWh/kg	75 %	2 ans de séchage minimum pour obtenir un bois entre 20 et 25 % d'humidité (bois sec)
Granulés de bois	Fabriqués à base de produits connexes de scierie (sciures, à l'état de farine, comprimées par une presse)	4,60 kWh/kg	85 %	Combustible à très haute performance énergétique (forte densité et faible taux d'humidité). Valorisation des sous-produits de l'industrie du bois.
Plaquette	Bois déchiqueté et obtenu par le broyage de branches ou d'arbres forestiers ou de bocages	3,36 kWh/kg	80 %	Temps de séchage compris entre 6 mois et 1 an. Valorisation des sous-produits de l'industrie du bois.

L'humidité est la principale caractéristique du bois à prendre en compte dans le dimensionnement d'une chaudière. Elle diminue le rendement de l'installation et augmente la quantité de polluants rejetés dans l'atmosphère. La granulométrie du bois est également un facteur important favorisant la qualité de la combustion. Un bois fractionné (granulés ou plaquettes) permet d'obtenir une combustion plus complète et un meilleur rendement que sous forme de bûches.



Technologie de chaudières en fonction des caractéristiques des combustibles

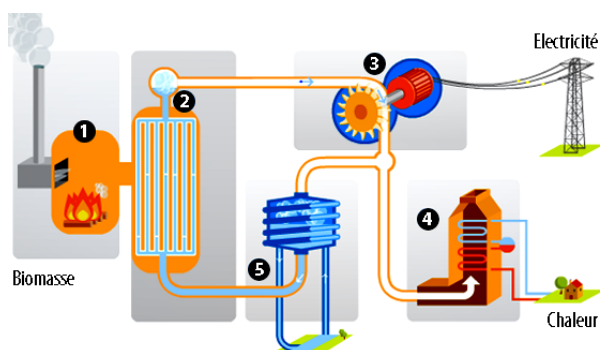
Technologie	Principe	Game de puissance	Rendement*	Commentaires
Chaudière à poussée inférieure (ou foyer volcan/ foyer à creuset)	Combustible poussé par le bas dans la chambre de combustion via une vis d'alimentation	20 kW à 2,5 MW	70 à 90 %	N'accepte que du combustible sec, bien calibré avec une teneur en eau de 25 à 40 % Généralement utilisée pour des puissances < 500 kW
Chaudière avec foyer à grille	Grilles mobiles coulissant les unes sur les autres pour permettre l'avancée du bois Grilles fixes sur lesquelles le combustible avance par auto-poussée	300 kW à 10 000 kW	70 à 90 %	Technologie préconisée pour les chaudières de moyenne à forte puissance Alimentation éventuelle avec un combustible grossier et humide (grilles mobiles)
Chaudière avec foyer à lit fluidisé	Combustible solide (mélangé à du sable) fluidisé par l'introduction d'air à haute vitesse dans le lit	> 2 MW	70 à 90 %	Technologie préconisées pour les chaudières de très forte puissance Utilisation d'un combustible calibré et sans impureté minérale

* Le rendement dépend de notamment de l'humidité et de la granulométrie des composants utilisés

3. Les technologies

Fonctionnement d'une chaufferie bois

- **Approvisionnement** : programmé et automatique.
- **Stockage du combustible** : silo de plusieurs mètres cubes, généralement enterré (meilleure intégration dans le paysage).
- **Autonomie du silo** : 1 semaine (grosses chaufferies collective) à plusieurs mois (chaufferies individuelles).
- **Alimentation de la chaudière** : tapis roulant (combustible grossier type écorce) ou vis sans fin (combustible homogène type plaquette).
- **Gestion des cendres du foyer** : récupération et versement dans un conteneur.
- **Contrôle et optimisation de l'installation** (puissance, alimentation, combustion, décendrage, extraction des fumées) : par régulation électronique.



- 1 : Chambre de combustion
2 : Chaudière
3 : Turbine à vapeur
4 : Cogénérateur
5 : Condenseur

Source : EDF

Rendement et facteur de charge

Le facteur de charge des chaudières biomasse est compris entre 30 et 90 %. L'utilisation des chaudières industrielles dépend des procédés mis en jeu, et des horaires de fonctionnement de l'industrie (continu, 1x8h, 2x8h, avec ou sans arrêt le week-end, etc.).

Le facteur de charge des installations de cogénération varie entre 20 et 90 %.

Dans une centrale de cogénération (électricité et chaleur) à la biomasse forestière, 30 % de l'énergie de la biomasse solide (cycle vapeur) peut être convertie en électricité. Le rendement total peut dépasser 80 %.

Technologie de production électrique à partir d'une combustion de biomasse

Technologie	Principe	Game de puissance	Rendement électrique*	Commentaires
Turbine à vapeur	Fonctionnement selon le cycle de Rankine avec mise en œuvre de chaudières produisant de la vapeur à haute pression	> 500 kWe	6 à 30 %	Technologie ancienne et très employée. Réservée à des installations de forte puissance.
Moteur à vapeur	Cycle thermodynamique mis en œuvre similaire à celui d'une turbine à vapeur	20 kWe à 1,5 MWe	8 à 15 %	Technologie ancienne et peu employée. Rendement plus élevé que celui d'une turbine pour des faibles puissances
Cycle de Rankine à fluide organique (ORC)	Fonctionne avec un fluide organique (huile thermique et fluide de travail) au lieu de la vapeur d'eau	5 kWe à 2 MWe	8 à 17 %	Adaptée dans certains cas d'application (température de vaporisation plus basse, etc.). Utilisation de produits inflammables nécessitant des autorisations spéciales.
Moteur Stirling	Moteur à air chaud dans lequel le mouvement du piston est obtenu par échauffement et refroidissement d'un gaz captif (air, hydrogène ou hélium) sous pression	1 kWe à 35kWe	7 à 15 %	Mise en œuvre pour la cogénération biomasse relativement récente (technologie peu mature) Pas d'émissions de substances polluantes, silencieux et exige une maintenance limitée

* Le rendement dépend de la taille de l'installation ainsi que de la technologie utilisée

4. Recherche et innovation

Soutien à la recherche & développement

En 2013, la France a investi 440 M€ sur les nouvelles technologies de l'énergie (efficacité énergétique, énergies renouvelables, capture-stockage-valorisation du CO₂, stockage d'énergie-réseaux électriques-hydrogène et piles à combustible).

Innovations technologiques attendues en matière de biomasse énergie (amélioration de la rentabilité des équipements et des projets) :

- développement de nouveaux modes de valorisation (gazéification ou torréfaction) ;
- automatisation des centres de tri ;
- stratégie de mobilisation de la ressource en bois, modernisation et structuration de la filière bois amont, mobilisation de nouvelles ressources forestières, création de centrales de taille limitée.

Première centrale à bois de trigénération produisant chaleur, électricité et froid

Centrale de trigénération de port Marianne inaugurée à Montpellier en avril 2015

Projet porté par la ville et la métropole et soutenu par l'ADEME.

Combustibles bois issus des forêts de la région.

Rendement : 85 %.

Puissance électrique de 700 kWe par turbine alimentée en chaleur renouvelable.

Puissance de la chaufferie au bois : 8,5 MW.

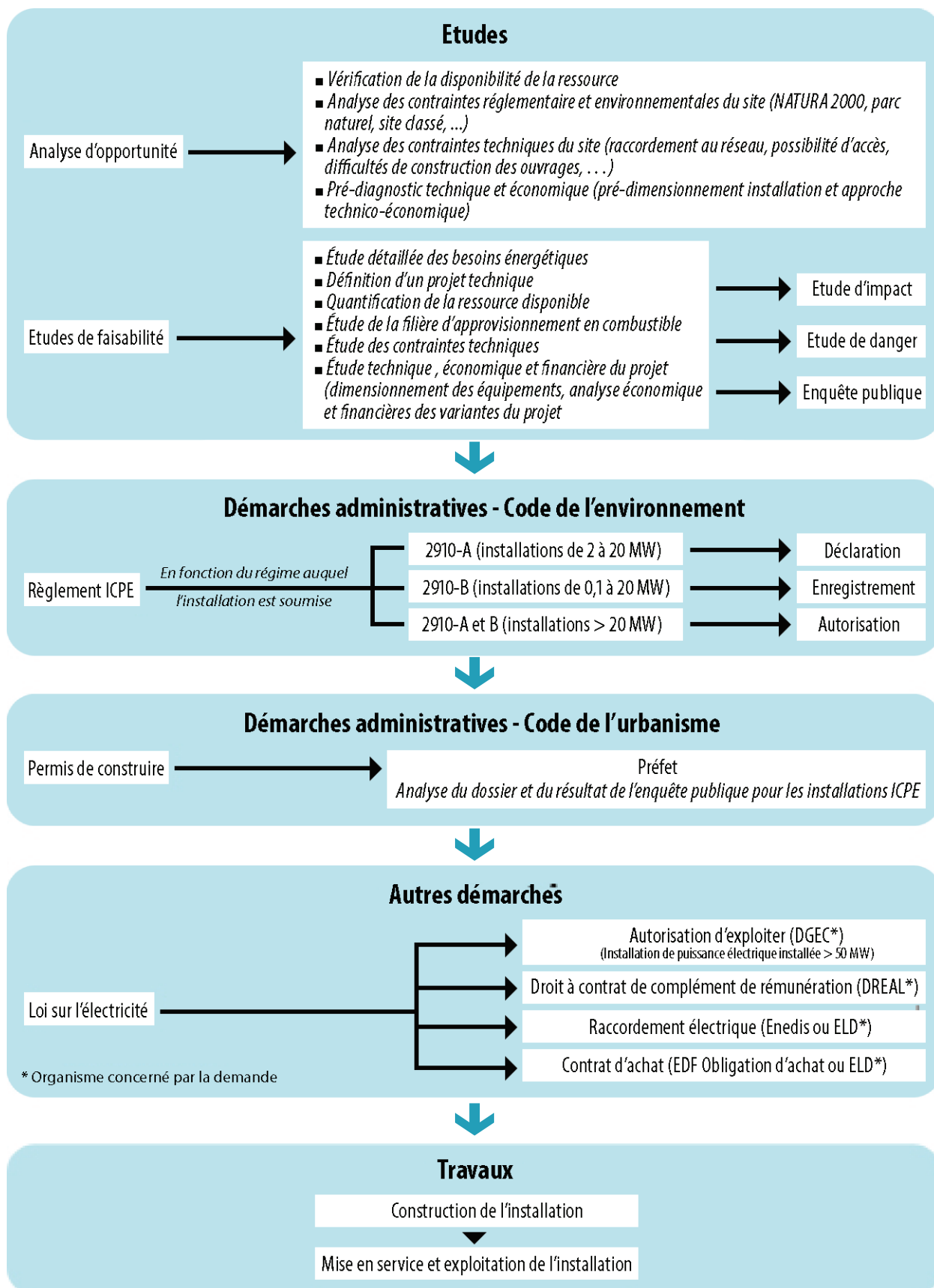
Production de chaleur : distribuée par le réseau urbain pour les besoins de chauffage et d'eau chaude du quartier et de climatisation de certains immeubles.

Économie de carbone : 6 200 t/an.



5. La structuration d'un projet

Décomposition des démarches d'un projet d'installation de production d'énergie par biomasse



Série de fiches « énergies renouvelables »

Fiche 1 La biomasse solide	Fiche 2 Le photovoltaïque	Fiche 3 L'éolien terrestre
-------------------------------	------------------------------	-------------------------------

Fiche réalisée sous la coordination de Jérôme Christin (Cerema Méditerranée)

Contributeurs

Stéphane Mas, Jérôme Christin, Rémy Chaille (Cerema Méditerranée)

Relecteurs

Myriam Lorcet (Cerema Méditerranée), Alix Drezet, Jacky Percheval (DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur), Suzelle Lalaut, Gérard Denoyer, Louise Oriol (DGECC)

Contacts

jerome.christin@cerema.fr

remy.chaille@cerema.fr

stephane.mas@cerema.fr



Centrale Limoges - Haute-Vienne
(usinenouvelle.com)



Centrale Strasbourg - Bas-Rhin
(rue89strasbourg.com)



Centrale Metz - Moselle
(groupe.uem-metz.fr)



Centrale Tours - Indre-et-Loire
(sera-bois.com)



Centrale Rennes - Ille-et-Vilaine
(metropole.rennes.fr)



Centrale Mimizan - Landes
(sera-bois.com)

Connaissance et prévention des risques - Développement des infrastructures - Énergie et climat - Gestion du patrimoine d'infrastructures
Impacts sur la santé - Mobilité et transports - Territoires durables et ressources naturelles - Ville et bâtiments durables

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement - www.cerema.fr
Direction Territoriale Méditerranée - Pôle d'activités - 30, avenue Albert Einstein - CS 70499 - 13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 - Tél. +33 (0)4 42 24 76 76
Siège social : Cité des mobilités - 25, avenue François Mitterand - CS 92803 - 69674 BRON Cedex - Tel. +33 (0)4 72 14 30 30